

Sujet de doctorat proposé*

Intitulé* : *Structuration de la biodiversité du zooplancton et fonctionnement de l'écosystème pélagique dans la partie sud du système d'upwelling des Canaries en lien avec les pêcheries. Approches multi-outils : microscopie, reconnaissance semi-automatique, acoustique, et metabarcoding.*

1 Descriptif *:

1.1 Contexte scientifique

Les services écosystémiques des océans, soit les avantages que les humains tirent des écosystèmes marins, représentent 50 000 milliards de dollars par an (Costanza et al., 2014) mais les nombreuses perturbations anthropiques telle que la dégradation des habitats, la pollution chimique/sonore ou la surpêche les mettent sous pression (Gentry et al., 2020). La pêche est un des services écosystémiques les plus importants, mais ne se limite pas uniquement au nombre de poissons pêchés ; il fait intervenir de nombreux compartiments étroitement liés tels que les cycles biogéochimiques, la production primaire et secondaire, la dynamique des réseaux trophiques (Austen et al., 2011). Sous l'influence des vents alizés, l'océan côtier ouest-africain avec plus de 700 km de côtes est une des zones les plus productives au monde (Carr, 2002). En effet l'upwelling nord-ouest africain est l'un des 4 grands systèmes d'upwelling mondiaux. Les circulations atmosphérique et océanique associées à ce système engendrent des remontées d'eau profonde riche en sels nutritifs le long des côtes qui permettent de soutenir une forte production planctonique qui elle-même nourrit des stocks importants de petits poissons pélagiques, avec plus de 480 231 tonnes de poissons pêchés au Sénégal en 2019. La richesse de la faune marine y est l'objet d'une exploitation multimillénaire par les sociétés humaines, qui assure ainsi la sécurité alimentaire de nombreux pays d'Afrique de l'Ouest. En tant que nourriture privilégiée de ces petits pélagiques, le compartiment zooplanctonique joue un rôle majeur au sein des écosystèmes d'upwelling. La compréhension du fonctionnement physico-chimique et biologique de cet écosystème et de son évolution dans les années et décennies à venir est ainsi un enjeu de grande importance sociétale.

Les communautés de zooplancton présentes le long des côtes sénégalaises ont été jusqu'à présent très peu étudiées (Gaudy, 1963, Ndour et al. 2018, 2019) et les efforts ont surtout porté sur l'étude des populations de petits crustacés (les copépodes). Une relation potentielle espèces/masse d'eau a été mise en avant avec des différences notables entre les saisons (upwelling de novembre à mai et saison chaude de mousson de mi-juillet à octobre), mais les hypothèses sous-jacentes à ces différences ne sont pas encore élucidées. Des variations spatiales (côte vs large) ont aussi été reportées, mais les observations sont en partie "contradictoires". Cependant, les communautés de zooplancton sont très diverses, et les copépodes ne présentent qu'une composante du fonctionnement de cet échelon trophique. Il est impératif d'inclure l'ensemble des différents embranchements, qu'ils soient holoplanctoniques (l'ensemble de leur cycle de vie en tant que plancton) ou méroplanctoniques/métagénétiques (n'étant plancton qu'une partie de leur vie), qu'ils appartiennent à différentes classes de taille et à différents groupes fonctionnels (Filtreurs vs. Prédateurs), afin d'obtenir une vision réaliste du rôle central du zooplancton dans les flux de carbone, d'éléments biogènes, et des réponses top-down ou bottom-up induites par les

différents forçages physicochimiques. Cette étude approfondie des communautés zooplanctoniques permettra aussi d'aborder la connectivité marine de la région et l'éventuelle capacité de résilience des écosystèmes présents face aux changements globaux.

Le projet de thèse porte donc sur une étude intensive de l'ensemble du compartiment zooplanctonique à partir de prélèvements réalisés ces dernières années, et notamment lors de la campagne SCOPES (NRF Thalassa, 14/12/2022-05/01/2023) au cours de laquelle un effort important d'échantillonnage du zooplancton (et de l'ensemble de l'écosystème planctonique en lien avec la dynamique) a été mené pour caractériser sa distribution spatiale et temporelle (acoustique), sa diversité (microscopie, imagerie semi-automatique et metabarcoding) et sa qualité (composition isotopique, acides gras).

1.2 Objectifs de la thèse (questions, hypothèses)

A travers l'ensemble des données collectées ces dernières années, l'objectif sera d'étudier la distribution spatiale et temporelle du zooplancton sur le plateau sénégalais et sa variabilité en relation à l'environnement à des échelles allant de la journée jusqu'à la saison. Les rares résultats publiés sur cette région océanique seront confrontés aux observations récentes, par ailleurs enrichies par la compréhension de la dynamique du système, du couplage de cette dynamique avec les communautés de phytoplancton et des conditions chimiques associées. Les liens entre le zooplancton et les réseaux trophiques supérieurs (poissons) et primaire (phytoplancton, cyanobactéries et bactéries) seront identifiés en fonction de la composition des différentes communautés. Les variabilités existantes entre les communautés de zooplancton le long de la colonne d'eau (neuston i.e. surface, épipélagique, ou mésopélagique) seront aussi étudiées et les flux de matière biogène estimés en fonction des différents groupes taxonomiques et fonctionnels. L'étude combinée acoustique multifaisceaux/biodiversité marine améliorera la caractérisation des couches denses profondes et pourra fournir une aide à la pêche.

1.3 Méthodologie mise en œuvre

1.3.1 Mesures et prélèvements in situ

1- Sites : Les échantillons ont été récoltés sur le plateau sénégalais à différentes périodes de l'année à bord du voilier Amouage (2018-2020), de pirogues de pêche (2019-2022), de bateaux d'opportunité (MiniSCOPES 2015 et 2017) et de navires de recherche (UPSEN-ECOAO 2013, AWA 2014, SCOPES 2022) et permettront d'appréhender la variabilité temporelle et spatiale dans les différentes sous-zones du plateau régies par des dynamiques singulières (Ndoye, 2016 ; Capet et al., 2017 ; Ndoye et al., 2018).

2- L'analyse des paramètres environnementaux biotiques et abiotiques (T, S, fluorescence, oxygène dissous, éléments nutritifs) ont été mesurés à l'aide de différents capteurs embarqués le long de la colonne d'eau (profils CTD) ou enregistrés par le poisson remorqué Scanfish (UPSEN-2013, AWA-2014, SCOPES-2022) ou en surface par satellite.

3- Plusieurs types de prélèvements ont été réalisés afin de caractériser le plus précisément possible les communautés de zooplancton, en sub-surface (4m) au CUFES (Continuous Underway Fish Egg Sampler, 300µm), et dans les couches épipélagiques et mésopélagiques (filets 200µm WP2 vertical et filet multinet ainsi qu'au chalut pélagique). Des échantillons d'eau prélevés lors des casts CTD seront aussi analysés.

4- Des prélèvements au chalut et au filet à nappes seront aussi comparés aux spectres du système multifaisceaux afin de caractériser les différentes couches acoustiques.

1.3.2 Analyses des échantillons :

L'analyse des communautés zooplanctoniques sera réalisée en combinant plusieurs approches complémentaires ; l'analyse semi-automatique au zoocam (réalisée à bord lors de la mission SCOPES) ou au zooscan (au laboratoire) et une analyse morphométrique par microscopie sur l'ensemble des taxa (Ctenophora, Cnidaria, Tunicata, Mollusca, Echinodermata, Chaetognatha, Crustacea, principalement, ainsi que sur l'ichthyoplancton) holoplanctoniques ou méroplanctoniques/métagénétiques. Une estimation de la production secondaire des copépodes sera aussi réalisée à partir du nombre de nauplii présents dans la colonne d'eau. Le potentiel reproductif des populations de petits pélagiques (sardine/ anchoix) de la région sera estimé à partir du nombre d'œufs et larves trouvés dans les échantillons. Une analyse métagénomique des œufs et larves de poissons, ainsi que d'organismes gélatineux (méduses/cténares/tuniciers pélagiques) sera en complément réalisée sur des spécimens congelés ou conservés dans l'alcool et renforcera les banques de références internationales. Ce travail permettra d'établir une liste exhaustive de la biodiversité du zooplancton de la partie sud du système d'upwelling des Canaries, qui pourra servir de référence aux futurs travaux dans la région. La description de la biodiversité zooplanctonique permettra aussi d'identifier la dynamique de ce compartiment et son rôle dans le fonctionnement de l'écosystème et le lien avec les stocks de petits poissons pélagiques d'importance économique pour le pays.

ODD 14 : Conserver et exploiter de manière durable les océans et les mers aux fins du développement durable

2 Détail du Programme finançant la recherche* :

Au M.I.O, le/la candidate sera accueilli dans l'équipe EMBIO et bénéficiera de l'appui technique et des compétences en taxonomie du zooplancton de la plateforme de taxonomie et d'imagerie, équipés de 6 loupes binoculaires adaptées à l'observation du zooplancton, ainsi qu'à un Zooscan. De même à l'IFREMER/DYNECO, le/la candidate profitera des compétences sur le Zoocam et Zooscan. L'étude de l'environnement physico-chimique sera réalisée principalement au LOPS.

Cadre institutionnel et laboratoires d'accueil. Ce projet de thèse sera réalisé dans le cadre du LMI ECLAIRS et en collaboration entre le LOPS, l'IFREMER et le MIO Institut Méditerranéen d'Océanologie (UMR MIO 110) à Marseille. Le projet de thèse profitera également de la mise en place d'une plateforme d'imagerie du zooplancton au Sénégal inscrite dans le cadre du projet FFEM Plankt'Eco. Un séjour du candidat au Sénégal est ainsi envisagée pour la formation des partenaires au Sud (demande financière à prévoir : MIO-action sud ou autre)

Directeur(s) de thèse proposé(s)*

(limiter au plus à deux personnes principales, dont au moins une titulaire de l'HDR)

Directeur HDR proposé*

Nom - Prénom : Thibault Delphine

Corps :MCF HC - HDR

Laboratoire (i.e. formation contractualisée de rattachement, éventuellement équipe au sein de cette formation) : MIO-EMBIO

Adresse mail : delphine.thibault@univ-amu.fr

Choix de cinq publications récentes (souligner éventuellement les étudiants dirigés co-signataires) :

Thibault D., Kuplik Z., Prieto L., Brown M.K., Uye S.-I., Doyle T., Pitt K., Fitt W., Gibbons M.J. Ecology of Rhizostomeae (Accepted). *Advances in Marine Biology*

Gibbons M.J., Parker Y., Cedras R.B., Thibault D. (2023). Mesoscale structure of neuston assemblages across the southern Indian Ocean subtropical gyre. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 208

Brown M., Scorrano S., Kuplik Z., Kuyper D., Ras V., Thibault D., Engelbrecht A., Gibbons M.J. (2021) A new macromedusa from the coast of Mozambique: *Aurelia mozambica* sp. nov. (Scyphozoa: Ulmaridae). *Zootaxa* 4933 (2) : 263-276

Marchessaux G., Harmelin-Vivien M, Ourgaud M, Banaru D, Guilloux L, Belloni B, Lebreton B, Guillou G, Thibault D. (2021). First overview on trophic relationships of the invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in a Mediterranean coastal lagoon (Berre Lagoon, France): benthic–pelagic coupling evidenced by carbon and nitrogen stable isotope composition. *Regional studies in Marine Science* 41:101570

Marchessaux G., Gadreaud J., Martin-Garin B., Thiéry A., Ourgaud M., Belloni B., Thibault D. (2017). "First report of the invasive jellyfish *Gonionemus vertens* A. Agassiz, 1862 in the Berre Lagoon, southeast France." *Bioinvasions Records* 6(4): 339–344.

Anaïs A., Thibault D. (2017). Guide DCSMM d'aide à la détermination des principaux types/espèces de macro-et mégazooplancton gélatineux. Programme de Surveillance DCSMM. <https://doi.org/10.13155/50398>.

Thèses encadrées ou co-encadrées au cours des quatre dernières années*

Aucune

Autre directeur proposé (éventuellement)*

Nom - Prénom : Machu Eric

Corps : CR-IRD

Adresse mail :eric.machu@ird.fr

Laboratoire (i.e. formation contractualisée de rattachement, éventuellement équipe au sein de cette formation) :

Choix de cinq publications récentes (souligner éventuellement les étudiants dirigés co-signataires) :

Auger P.-A., T. Gorguès, E. Machu, et al., 2016. What drives the spatial variability of primary productivity and matter fluxes in the NW African upwelling system? *Biogeosciences* 13(23), 6419.

Tall, A. W., Machu, E., Echevin, V., Capet, X., Pietri, A., Corréa, K., S.M. Sall. & A., Lazar, 2021.

Variability of dissolved oxygen in the bottom layer of the southern Senegalese shelf. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, e2020JC016854.

Machu, E., X. Capet, P.A. Estrade, S. Ndoye, J. Brajard, F. Baurand, P.-A. Auger, A. Lazar, P. Brehmer, 2019. First evidence of anoxia and nitrogen loss in the southern Canary Upwelling System. *Geophysical Research Letters*, DOI: 10.1029/2018GL079622

Machu, E., T. Brochier, X. Capet, S.I. Ba, S. Ndoye, L. Descroix, 2022. Pollution dans un monde liquide : Sources, devenir et conséquences pour la planification spatiale marine au Sénégal, Chapter 2 in « Planification spatiale marine en Atlantique tropicale: D'une tour de Babel à l'organisation d'une intelligence collective », IRD Edition.

Machu, E., O. Ettahiri, S. Kifani, A. Benazzouz, A. Makaoui and H. Demarcq (2009). Bottom-up control of the 1997's sharp decline of the Moroccan sardine stock: A coupled physical/biogeochemical modelling experiment. *Fisheries Oceanography*, 18(5): 287-300. DOI: 10.1111/j.1365-2419.2009.00511.x.

Thèses encadrées ou co-encadrées au cours des quatre dernières années*

Nom : BEYE Aida

Intitulé : Distribution et variabilité à petite échelle de la biomasse de phytoplancton et de sa diversité sur le plateau sud-sénégalais

Type d'allocation : ANR + ARED

Date de début de l'allocation de doctorat : 02/2021

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : 06/2024

Programme finançant la recherche : projet ANR SOLAB + Région Bretagne

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) :

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 80 %

Nom : CORREA Khassoum

Intitulé : Distribution et variabilité à petite échelle de la biomasse de phytoplancton et de sa diversité sur le plateau sud-sénégalais

Type d'allocation : ARTS + ARED

Date de début de l'allocation de doctorat : 09/2018

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : 12/2023

Programme finançant la recherche : IRD + Région Bretagne

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : contrat postdoctoral dans l'équipe SIAM du LOPS.

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 80 %

Nom : TALL Abdoul Wahab

Intitulé : Distribution et variabilité à petite échelle de la biomasse de phytoplancton et de sa diversité sur le plateau sud-sénégalais

Type d'allocation : SCAC + ARTS

Date de début de l'allocation de doctorat : 09/2018

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : 07/2022

Programme finançant la recherche : SCAC + IRD

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : contrat postdoctoral, University of British Columbia, Vancouver, Canada.

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 60 %